

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 6月22日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-189784

出 願 人
Applicant(s):

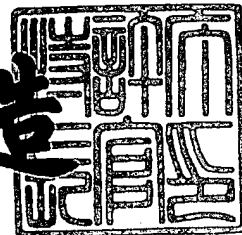
セイコーインスツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年11月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 01000687

【提出日】 平成13年 6月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 21/30

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツルメンツ株式会社内

【氏名】 村松 宏

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096378

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂上 正明

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 4059

【出願日】 平成13年 1月11日

【整理番号】 00000732

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103799

特 2001-189784

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書
【発明の名称】 光プローブ顕微鏡
【特許請求の範囲】

【請求項1】 先端部分に局在した光の場を発生可能なプローブと、前記プローブの先端と試料の間を近接した距離に制御するためのプローブ位置検出手段と、微動手段および制御手段と、前記プローブが試料表面上を2次元的に走査するための走査手段と、前記局在した光の場を発生するための光源と、プローブ先端に近接した試料表面から放射される光を集光するための集光光学系と、データ収集手段とを有する光プローブ顕微鏡において、2次元イメージセンサによって前記試料表面の2次元イメージをリアルタイムで取得し、画像信号処理手段により前記2次元イメージの中の任意の検出領域の信号強度を取得することにより、前記データ収集手段で形状像と同時に2次元光像を得ることを特徴とする光プローブ顕微鏡。

【請求項2】 前記2次元イメージセンサの前段に分光器を配置することによって、特定波長の光信号を選択して取得可能であることを特徴とする請求項1記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項3】 前記集光光学系が偏光子とミラーを含む光学系で構成され、前記2次元イメージセンサ上に、異なる偏光成分が、それぞれ離れた位置に結像することを特徴とする請求項1記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項4】 前記集光光学系がダイクロイックミラーとミラーを含む光学系で構成され、前記2次元イメージセンサ上に、異なる波長成分が、それぞれ離れた位置に結像することを特徴とする請求項1記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項5】 前記検出領域が複数同時に設定可能であり、同時に複数の光像を取得できることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項6】 前記2次元イメージがビデオ信号として取得され、ビデオレートで光学像の信号が更新されることを特徴とする請求項1記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項7】 前記画像処理手段において、ビデオ信号をデジタル化し、前

記検出領域の光強度を算出し、デジタル値のまま、あるいは、アナログ値に変換して、前記データ収集手段へ送出することを特徴とする請求項1記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項8】 前記データ収集手段からデータ取得トリガ信号を送出することで、前記データ収集手段以外の外部データ収集装置で形状像と同期した画像の取得を可能にしたことを特徴とする請求項1記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項9】 前記光プローブ顕微鏡において複数の異なる波長成分ごとに検出領域を設定することで、異なる波長成分ごとの光像を取得することを特徴とする請求項5記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項10】 波長軸方向に連続して設定された前記波長成分ごとの光像を元に走査領域中の任意の測定点における分光スペクトルの抽出を行うことを特徴とする請求項9記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項11】 前記分光器によって、前記プローブ先端における励起光の波長を前記2次元イメージセンサーのイメージ領域外となるように設定することによって、前記励起光以外の波長信号のS/N比を向上させることを特徴とする請求項5記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項12】 前記集光光学系が、試料を透過した光、あるいは、試料を反射した光を集光することを特徴とする請求項1記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項13】 前記集光光学系が、プローブの光学開口を通過した光を集光することを特徴とする請求項1記載の光プローブ顕微鏡。

【請求項14】 前記2次元イメージセンサーの選択範囲部分のイメージをそのまま前記トリガ信号に同期して連続して保存することを特徴とする請求項8記載の光プローブ顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、プローブと試料間に働く力などを利用して、試料表面の形状を観察するとともに、試料表面の光学情報を観察する光プローブ顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】

プローブ先端の微小な光学開口からの近接場光、あるいは、尖鋭な先端での散乱光を利用した近接場光学顕微鏡（光プローブ顕微鏡）は、光の波長の制約を越える高い分解能で光学的な観察が行える装置として知られている。光プローブ顕微鏡を使用することで、従来の光学顕微鏡と高感度カメラを用いて測定されていた光学的なイメージを越える分解能で光学像の観察が可能であり、同時に表面形状の観察も可能である。

【0003】

光プローブ顕微鏡では、プローブ先端に局在した光の場に近接した試料表面から放射された散乱光や蛍光などの微弱な光を検出する必要があるが、従来の光プローブ顕微鏡では、光検出器として、フォトマルチプライヤやアバランシェフォトダイオードなどが用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

光プローブ顕微鏡では、微弱な光を検出するため、受光面の大きなフォトマルチプライヤでは、迷光を拾いノイズレベルが高くなることが考えられる。例えば、100nmの光学開口のプローブからの光を100倍の対物レンズで集光した場合、1次像では開口に相当するサイズは10 μ mとなる。これに対して、フォトマルチプライヤの受光面のサイズは、数mmから数十mmであり、大部分の領域が検出には寄与せず、迷光に反応したり、ダークカウントノイズの発生源になってしまっている。迷光を除去するためには、結像面にピンホールを入れることが考えられるが、微弱光の光軸をあわせるのは、きわめて難しい作業である。一方、アバランシェフォトダイオードでは、受光面が、200～500 μ m程度と比較的小さく迷光の影響を受けにくい、この場合も光軸あわせをする必要があり、測定作業は繁雑なものとなっている。

【0005】

【課題を解決するための手段】

検出領域以外の迷光を検出せずに、また、光軸あわせを行わないで済む方法として、2次元イメージセンサを用いて、2次元イメージをリアルタイムで取得し

、画像信号処理手段により2次元イメージの中の任意の検出領域の信号強度を取得する構成を考案した。この信号を形状像と同時にデータ収集手段で取り込むことによって、従来の検出器を用いた場合と同様に、形状像と同時に2次元光像を取得することができるようになった。

【0006】

すなわち、本発明では、先端部分に局在した光の場を発生可能なプローブと、そのプローブの先端と試料の間を近接した距離に制御するためのプローブ位置検出手段、微動手段および制御手段と、前記プローブが試料表面上を2次元的に走査するための走査手段と、前記局在した光の場を発生するための光源と、プローブ先端に近接した試料表面から放射される光を集光するための光学系と、データ収集手段とを有する光プローブ顕微鏡において、2次元イメージセンサによって前記試料表面の2次元イメージをリアルタイムで取得し、画像信号処理手段により前記2次元イメージの中の任意の検出領域の信号強度を取得することにより、形状像と同時に2次元光像を抽出することを特徴とする光プローブ顕微鏡を実現した。

【0007】

さらに、前記2次元イメージセンサの前段に分光器を配置することによって、特定波長の光信号を選択して取得することができるようになった。また、集光光学系を偏光子とミラーを含む光学系で構成することで、2次元イメージセンサに、異なる偏光成分が、それぞれ離れた位置に結像するようにし、偏光成分を選択して検出できるようにした。同様に、集光光学系をダイクロイックミラーとミラーを含む光学系で構成することで、2次元イメージセンサに、異なる波長成分が、それぞれ離れた位置に結像するようにして、波長成分を選択して検出できるようにした。ここで、検出領域を複数同時に設定し、同時に複数の光像を取得することもできるようにした。これによって、複数の検出器を使用せずに、複数の光像の観察を可能にした。

【0008】

また、2次元イメージをビデオ信号として取得することにより、ビデオレートで光学像の信号を更新することができる。

【0009】

なお、画像処理手段においては、ビデオ信号をデジタル化し、前記検出領域の光強度を算出し、デジタル値のまま、あるいは、アナログ値に変換して、前記データ収集手段へ送出することで、信号処理を行う。

【0010】

一方、データ収集手段からデータ取得トリガ信号を送出することで、前記データ収集手段以外の外部データ収集装置で形状像と同期した画像の取得を可能にすることもできる。

【0011】

なお、本発明者の知見では、プローブからの光の散乱状態を調べるために、観察手段として2次元イメージセンサを利用した例はあるが、プローブ走査時の光検出器として用いた例はない。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。

【0013】

図1は、本発明の光プローブ顕微鏡の一つの構成図を示したものである。図1において、先端部分に局在した光の場を有するプローブ11と、そのプローブ11の先端と試料の間を近接した距離に制御するためのプローブ位置検出手段12、微動手段13および制御手段14と、前記プローブを試料表面上で2次元的に走査する走査手段15と、前記局在した光の場を発生するための光源16と、プローブ11先端に近接した試料21表面から放射される光を集光するための光学系17と、データ収集手段18とを有し、さらに、2次元イメージセンサ19および画像信号処理手段20を有している。ここで、2次元イメージセンサ19によって前記試料21表面の2次元イメージをリアルタイムで取得し、画像信号処理手段20により前記2次元イメージの中の任意の検出領域の信号強度を取得することが可能になっている。具体的には、プローブ11の先端が、サンプル21の表面に近接している場合、プローブ-サンプル間で発生する散乱光は、結像面におかれた2次元イメージセンサ19上では、図2(a)に示すようなスポット

状の輝点31として観察される。ここで、この輝点31の部分の画素を囲む範囲32（図2（b））を指定して、この部分の輝度をリアルタイムに取得し、データ収集手段18に渡すことで、形状情報と同時に光強度のデータを取得でき、形状像と2次元光像を同時に観察する光プローブ顕微鏡を実現することができる。

【0014】

このように輝点にあわせて、測定領域を指定することで、輝点の大きさに対して受光面の大きな検出器を用いた場合に余分な迷光を検出してしまう問題や、輝点程度の小さな受光面を持つ検出器を用いた場合の光軸あわせの問題を改善することができる。特に、マイクロ加工技術を用いたマイクロ光カンチレバーの場合、微小開口の裏側から直接励起光を導入することになるが、この構成ではカンチレバーの側面から光が漏れることがあり、本発明の方式は開口部分の光のみを検出する点において特に有用である。

【0015】

ここで用いた画像処理手段20は、少なくとも画像信号入力手段、画像データ処理手段、および、データ出力手段から構成されている。この中で、画像入力手段で、2次元イメージをビデオ信号として取得することにより、ビデオレートで光学情報の信号を更新することができる。

【0016】

また、画像信号入力手段においては、ビデオ信号をデジタル化し、画像データ処理手段で、検出領域の光強度を算出し、デジタル値のまま、あるいは、アナログ値に変換して、データ出力手段からデータ収集手段18へ送出することで、信号処理を行うこともできる。この際の画像処理手段20における処理としては、範囲設定のための事前の画像信号の取り込み・表示、測定範囲の設定を行った後、1フレーム分の画像取り込み、設定範囲の光強度の計算と信号出力を繰り返して行う。30Hzの通常のビデオ信号を用いた場合には、約33mSで繰り返してデータ送出行われることになる。さらに高速にお見出し可能なCCDカメラを用いればより高速なデータの送出行うこともできる。この他、画像処理手段をすべてアナログ回路で構成することも可能である。

【0017】

さらに、図3に示すように、前記2次元イメージセンサの前段に分光器22を配置することによって、イメージセンサ上に輝点からの光に含まれるスペクトルを投影することができ、これによって、特定波長の光信号を選択して取得することができる。

【0018】

特にスペクトルの観察では、図4に示すように、スペクトルの検出領域を複数同時に設定することで、同時に複数の光像を取得することができる。図4(a)では、スペクトルバンド33、図4(b)では、スペクトルバンドの一部を囲む指定範囲34、35、36を示している。

このように複数の異なる波長成分ごとに検出領域を設定することで、異なる波長成分ごとの光像を取得することができる。この選択する波長の幅を狭くして、波長軸方向に連続して設定することによって、細かな波長成分ごとの光像を取得することができ、この波長成分ごとの光像を元に走査領域中の任意の測定点における分光スペクトルの抽出を行うこともできる。抽出する測定点の領域の大きさを変えることで、スペクトル情報の試料面内での面分解能やスペクトル自体のS/N比などを調整することもできる。

一方、分光器によって、プローブ先端における励起光の波長を2次元イメージセンサのイメージ領域外となるように設定することによって、2次元イメージセンサにおける光検出感度の範囲を励起光以外の弱い光に合わせて設定することができるので、励起光以外の波長信号のS/N比を向上させることもできる。

図3のように、分光器を配置した場合でも、分光器のスリットをスリットと全開口との切り替え型とし、回折格子をミラー位置に設定するかミラーと切り替え可能とすることで、図1に示した分光器のない装置構成と同様の動作をさせることもできる。

【0019】

集光光学系を偏光子とミラーを含む光学系で構成することで、2次元イメージセンサに、異なる偏光成分が、それぞれ離れた位置に結像するようにした例を図5に示す。図5では、2つの偏光成分を含む光が、偏光ビームスプリッター41に入射され、2つの偏光成分に分離される。この2つの偏光成分をミラー42、

43によって、次の偏光ビームスプリッター44に入射するが、この時、光軸が重ならないようにすることで、異なる偏光成分が、それぞれ離れた位置に結像することができる。この場合、偏光ビームスプリッター44は、ハーフミラータイプのビームスプリッターで置き換えることもできる。このような光学系を用いることで、偏光成分を選択して検出できるようになった。図6は、この時の2次元イメージセンサ上のイメージを示したものである。この2つの輝点部分をそれぞれ同時に範囲指定することで、同時に2つの偏光成分の画像を取得することができる。

【0020】

同様に、集光光学系をダイクロイックミラーとミラーを含む光学系で構成することで、2次元イメージセンサに、異なる波長成分が、それぞれ離れた位置に結像するようにした例を図7に示す。図7では、ある範囲の波長成分を含む光が、ダイクロイックミラー45に入射され、2つの波長成分に分離される。この2つの波長成分をミラー46、47によって、次のダイクロイックミラー48に入射するが、この時、光軸が重ならないようにすることで、異なる波長成分が、それぞれ離れた位置に結像することができる。この場合、ダイクロイックミラー48は、ハーフミラータイプのビームスプリッターで置き換えることもできる。このような光学系を用いることで、波長成分を選択して検出できるようになった。図8は、この時の2次元イメージセンサ上のイメージを示したものである。この2つの輝点部分をそれぞれ同時に範囲指定することで、同時に2つの波長成分の画像を取得することができる。

【0021】

一方、データ収集手段18から形状信号の取得にあわせて、データ取得トリガ信号を送出することで、前記データ収集手段以外の外部データ収集装置23で形状像と同期した画像の取得をおこなうこともできる。この際の画像処理手段20における処理としては、範囲設定のための事前の画像信号の取り込み・表示、測定範囲の設定を行った後、1フレーム分の画像取り込み、設定範囲の光強度の計算と信号出力を繰り返して行いながら、トリガ信号を検出した場合に、トリガ信号の個数分のデータを外部データ収集装置23に保存することで形状像と同期し

た画像の取得をおこなうことができる。この場合は、画像処理手段20および外部データ収集装置23の処理能力を高めることで、トリガ信号に応じて2次元イメージセンサの1フレームごとのイメージをそのまま連続して取得・保存することもできる。また、フレーム中の選択範囲部分のみを保存することもでき、この場合は、処理速度を向上させたり、記録容量を節約する効果がある。

また、走査速度が遅くトリガ信号の1周期の間に何回かフレームを取得できる場合には、取得したデータを加算あるいは平均処理することで、測定精度を高めることもできる。

【0022】

ここで、図1，図3において、プローブは、光導波路で構成され、先端に光の波長以下の微小光学開口を有するタイプを示しているが、この他、尖鋭な先端を有する探針に光を照射する非開口型のプローブを用いることも可能である。前者では、光ファイバで製作した光ファイバプローブやマイクロ加工技術で製作した微小開口マイクロ光プローブが用いられ、後者では、金属探針が用いられる。

同じように、図1，3では、集光光学系17が、試料を透過した光を集光するように示されているが、図9に示すように集光光学系17は、試料を反射した光を集光する構成も可能である。このような構成では、光軸の調整が特に難しくなるため、本発明の方式は特に有効である。

さらに、図10に示すように、集光光学系17が、プローブの光学開口を通過した光を集光する構成も可能である。この場合、集光光学系17は、直接入射型の光プローブ50に対して、入射光学系としても機能させることができ、光源16からの光とサンプルからの信号光は、ダイクロイックミラーや偏光ビームスプリッターなどから構成される機能性ミラー51によって分離される。

ここで、位置検出手段12は、光学的な手段の他、プローブと一体になった圧電的な検出手段を用いることもできる。また、図10では、光源16からの光が集光光学系17を経由して試料に到達する構成であるが、光源からの光が、試料裏面や試料上面から直接照射される構成も可能である。

【0023】

プローブ-サンプル間の距離制御には、原子間力顕微鏡の原理を利用すること

ができる。この他、走査トンネル顕微鏡の原理を用いることもできる。

【0024】

2次元イメージセンサとしては、CCDイメージセンサが使用可能であり、特に、前段にイメージインテンシファイヤを取り付けることによって、高感度な検出を行うことができる。

【0025】

なお、従来、分光分析において、分光器からの光のスペクトルを2次元イメージセンサで受けて、2次元イメージセンサのスペクトル分布に対して垂直方向の信号を加算して、スペクトル曲線を得る手法があるが、本発明では、プローブ先端が位置する領域を選択して、リアルタイムに強度信号に変換し、走査領域の2次元画像の取得に結びつけるものであり、従来技術に対し、本発明はまったく異なる部分と一部は従来技術を発展させた部分とを含んでいるといえる。

【0026】

【発明の効果】

以上で説明したように、輝点にあわせて、測定領域を指定することで、輝点の大きさに対して受光面の大きな検出器を用いた場合に余分な迷光を検出してしまいう問題や、輝点程度の小さな受光面を持つ検出器を用いた場合の光軸あわせの問題を改善することができ、光プローブ顕微鏡の操作性を大幅に改善することができた。さらに、分光情報の2次元イメージを複数同時に取得することも容易に行えるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の光プローブ顕微鏡の構成を示す図

【図2】

本発明の光プローブ顕微鏡の光検出の方法を示す説明図

【図3】

本発明の光プローブ顕微鏡の構成を示す図

【図4】

本発明の光プローブ顕微鏡の光検出の方法を示す説明図

【図 5】

本発明で用いる集光光学系に含まれる光学系を示す図

【図 6】

本発明の 2 次元イメージセンサ上のイメージの一例を示す図

【図 7】

本発明で用いる集光光学系に含まれる光学系を示す図

【図 8】

本発明の 2 次元イメージセンサ上のイメージの一例を示す図

【図 9】

本発明の光プローブ顕微鏡の構成を示す図

【図 10】

本発明の光プローブ顕微鏡の構成を示す図

【符号の説明】

- 1 1 プローブ
- 1 2 プローブ位置検出手段
- 1 3 微動手段
- 1 4 制御手段
- 1 5 走査手段
- 1 6 光源
- 1 7 集光光学系
- 1 8 データ収集手段
- 1 9 2 次元イメージセンサ
- 2 0 画像信号処理手段
- 2 1 試料
- 2 2 分光器
- 2 3 外部データ収集装置
- 3 1 スポット状の輝点
- 3 2 輝点部分の画素を囲む範囲

33 スペクトルのバンド

34, 35, 36 スペクトルのバンドの一部を囲む指定された範囲

41 偏光ビームスプリッター

42, 43 ミラー

44 偏光ビームスプリッター

45 ダイクロイックミラー

46, 47 ミラー

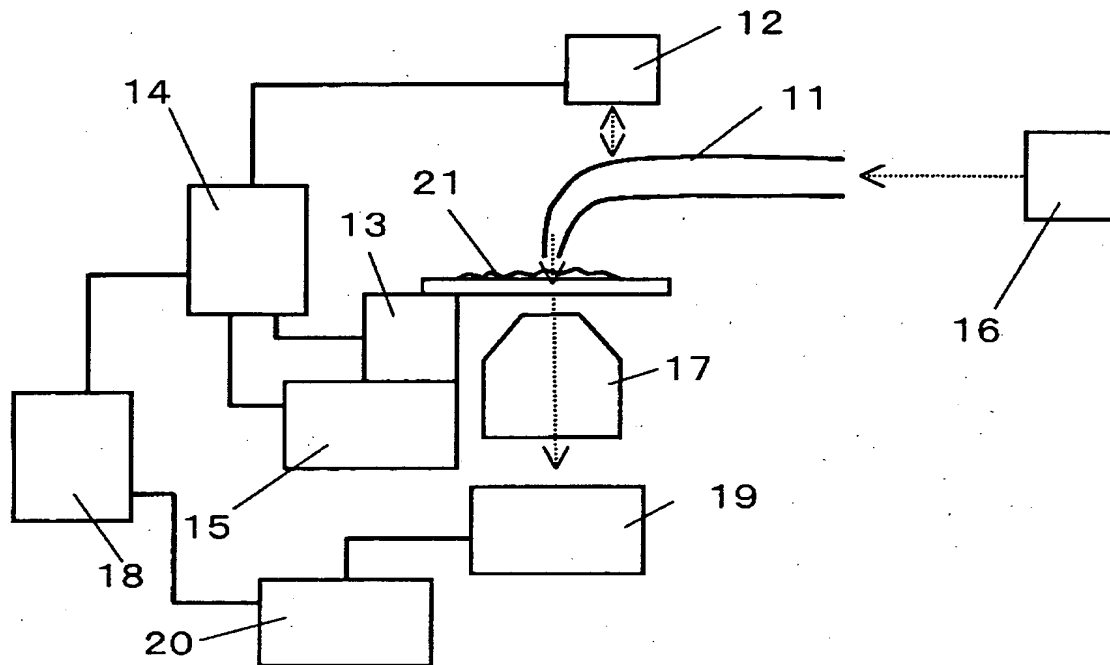
48 ダイクロイックミラー

50 光プローブ

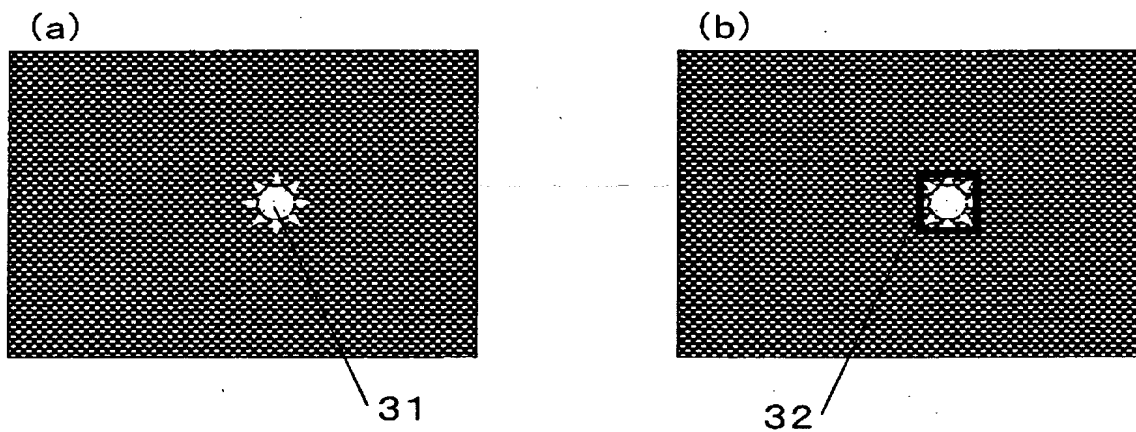
51 機能性ミラー

【書類名】 図面

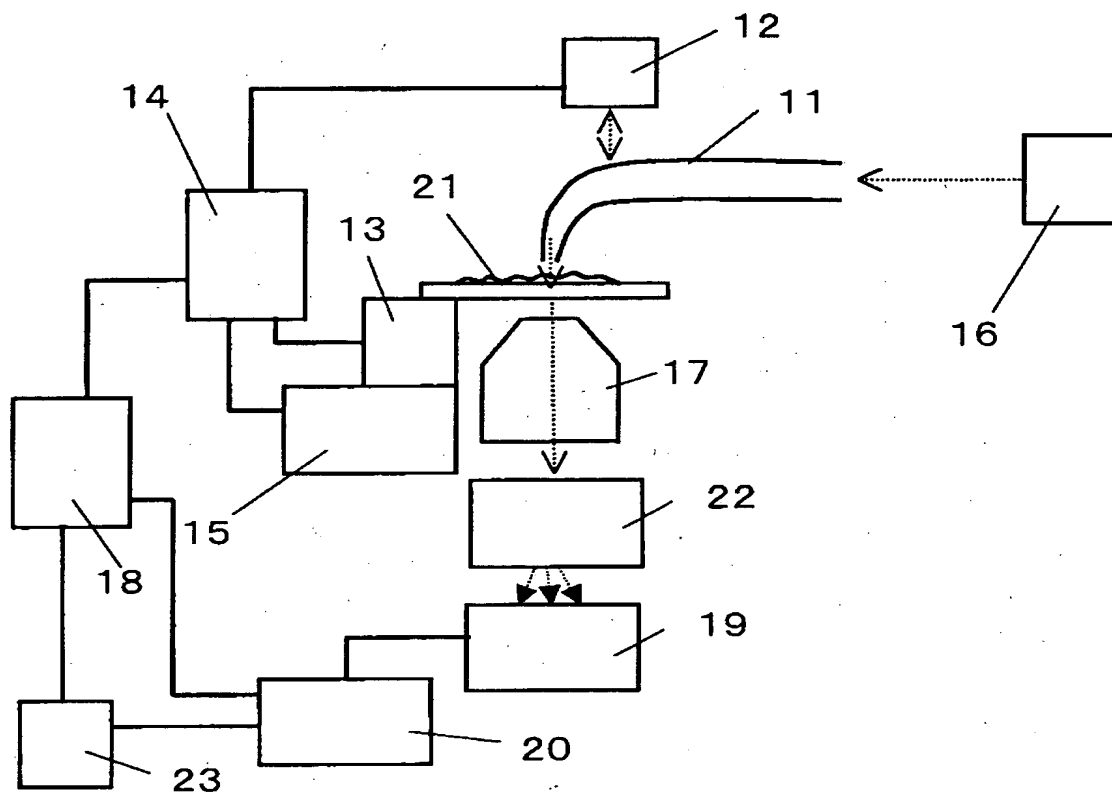
【図 1】



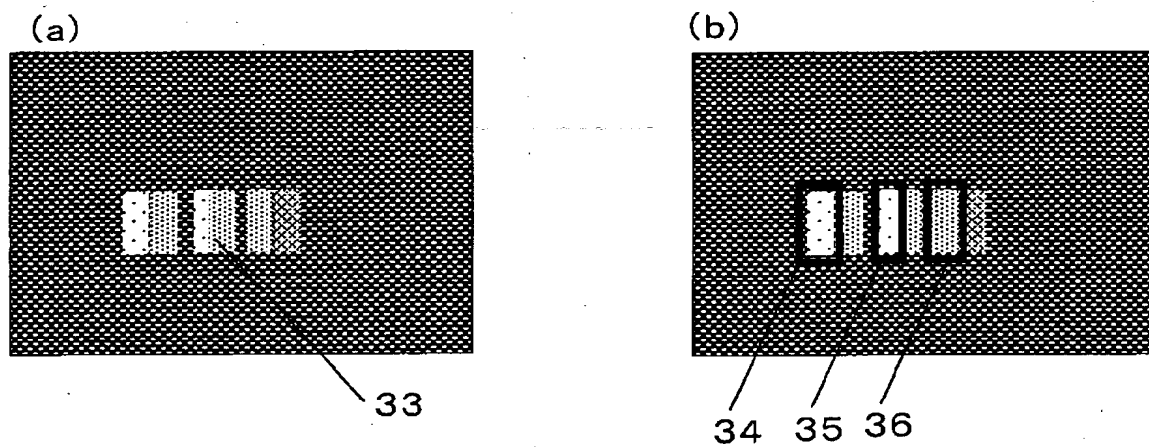
【図 2】



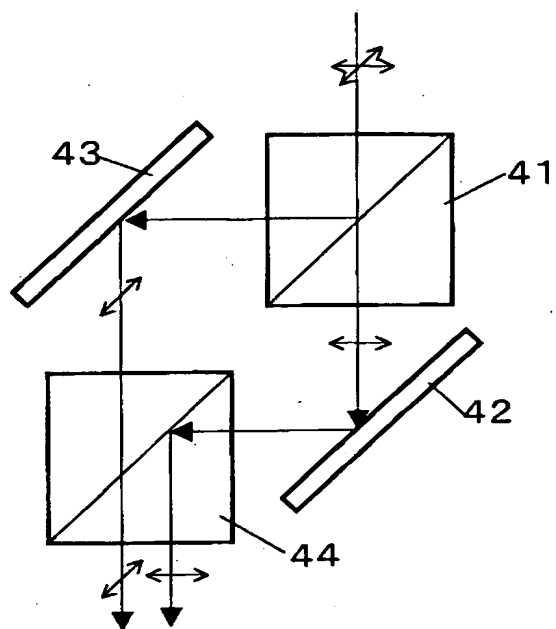
【図 3】



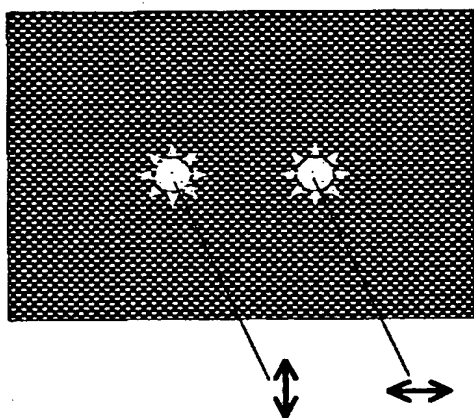
【图 4】



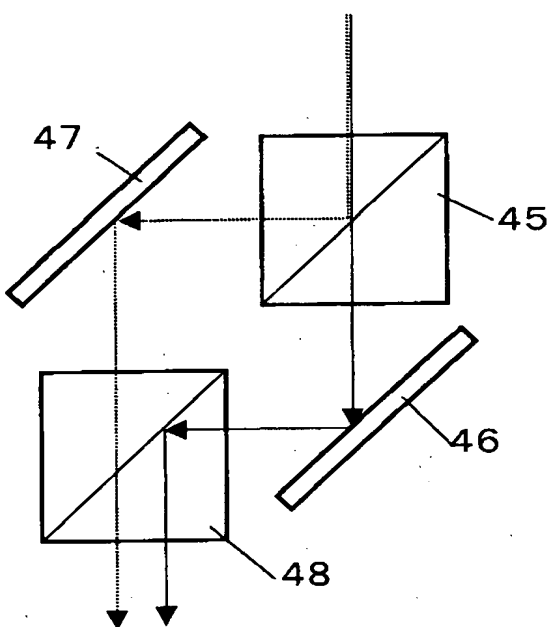
【図 5】



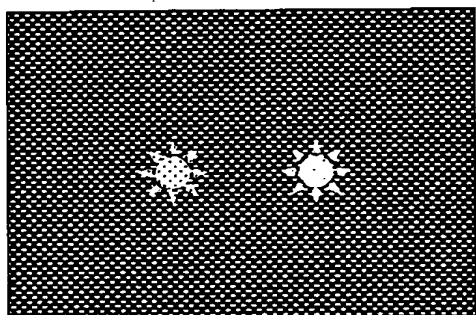
【図 6】



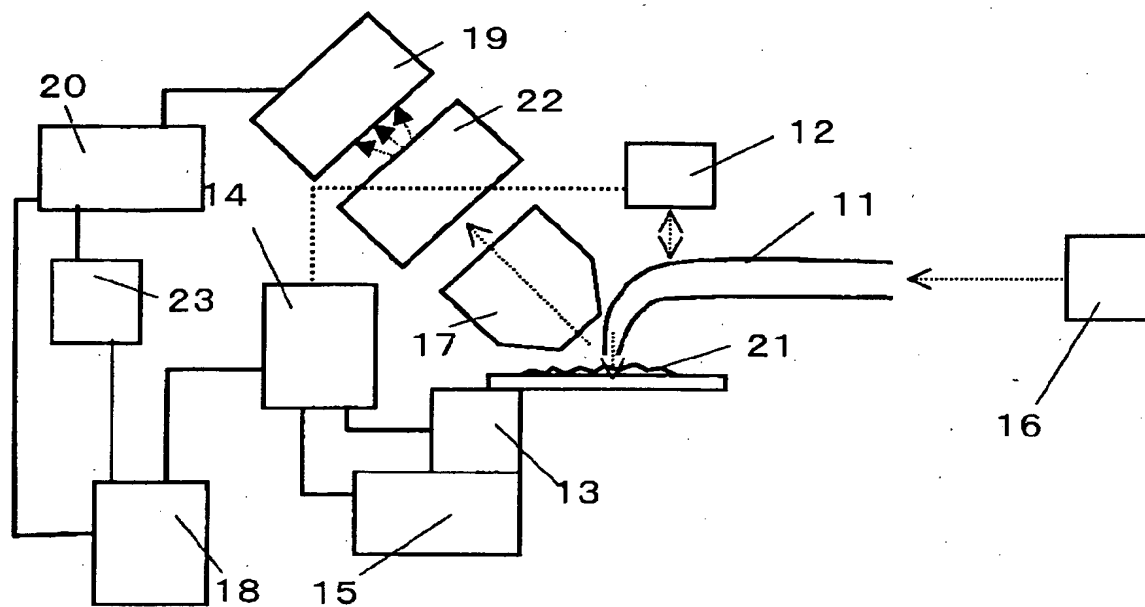
【図 7】



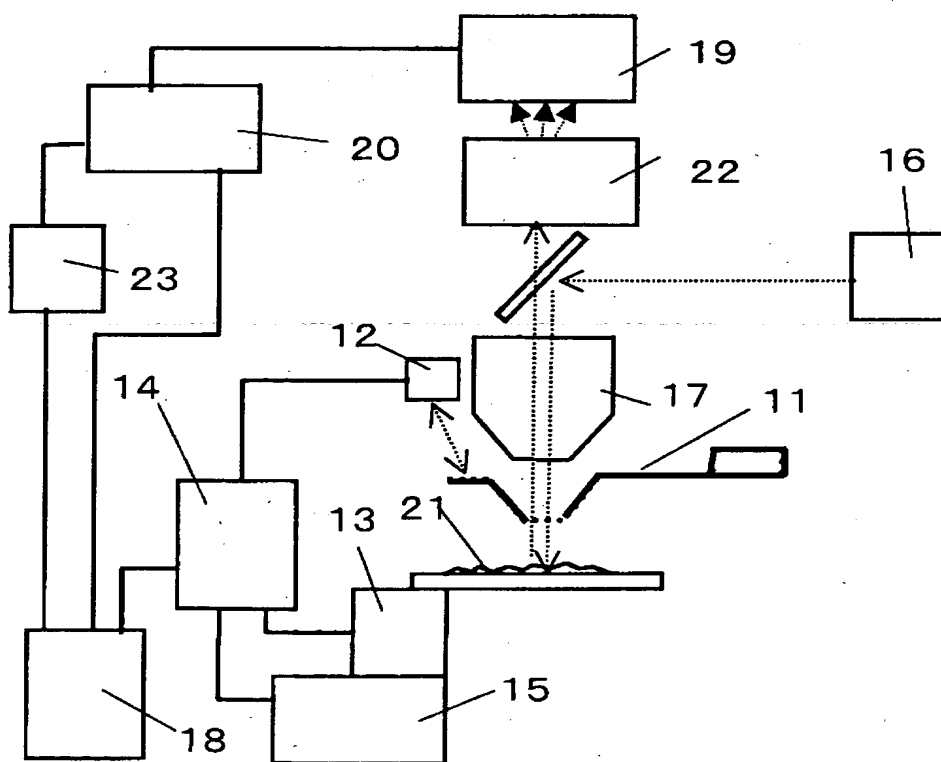
【図 8】



【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光プローブ顕微鏡の光検出において、輝点の大きさに対して受光面の大きな検出器を用いた場合に余分な迷光を検出してしまう問題や、輝点程度の小さな受光面を持つ検出器を用いた場合の光軸あわせが必要であるという問題があった。また、複数の光情報を得るためには、複数の光検出器が必要であった。

【解決手段】 2次元イメージセンサを用いて、2次元イメージをリアルタイムで取得し、画像信号処理手段により2次元イメージの中の任意の検出領域の信号強度を取得するようにした。複数の情報を2次元イメージセンサ上に結像させ、検出領域を複数指定できるようにした。

【選択図】 図1

認定・付加情報

| | |
|---------|---------------|
| 特許出願の番号 | 特願2001-189784 |
| 受付番号 | 50100909088 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 第一担当上席 0090 |
| 作成日 | 平成13年 6月27日 |

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

| | |
|----------|-------------------|
| 【識別番号】 | 000002325 |
| 【住所又は居所】 | 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 |
| 【氏名又は名称】 | セイコーインスツルメンツ株式会社 |

【代理人】

申請人

| | |
|----------|--|
| 【識別番号】 | 100096378 |
| 【住所又は居所】 | 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコー インスツルメンツ株式会社 知的財産部 |
| 【氏名又は名称】 | 坂上 正明 |

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日 1997年 7月23日

[変更理由] 名称変更

住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社